

# Limites físicos do crescimento econômico e progresso tecnológico: o debate *The Limits to Growth* versus Sussex\*

## Physical Limits to Economic Growth and Technological Progress: the Debate *The Limits to Growth* versus Sussex

Beatriz Macchione SAES\*\*  
Bruno César Brito MIYAMOTO\*\*\*

### RESUMO

Nos anos 70 do século XX, a crescente preocupação com a degradação ambiental provocada pela atividade humana na busca do progresso material fez emergir, tanto nos círculos científicos como na sociedade, um debate intenso que abordava as limitações físicas impostas pelo ambiente ao crescimento econômico. No início da década, os pesquisadores do Science Policy Research Unit (SPRU) da Universidade de Sussex, na Inglaterra, no contexto desse debate, produziram uma extensa crítica ao célebre relatório *The Limits to Growth* (Nova Iorque: Universe, 1972), de autoria de cientistas do Massachusetts Institute of Technology (MIT), nos Estados Unidos. O livro *Models of Doom: a critique of The Limits to Growth* (Nova Iorque: Universe, 1973) reunia os artigos e as principais críticas da SPRU, cujo ponto central dizia respeito ao papel da mudança tecnológica na superação dos limites do crescimento. Mais tarde, novos estudos foram desenvolvidos por pesquisadores que integraram um ou outro dos grupos, atualizando os argumentos produzidos na década de 70. Ainda hoje não há consenso sobre os limites do papel da tecnologia para a superação dos problemas ambientais e, com o agravamento desses problemas, torna-se relevante aprofundar o debate, a partir das críticas já desenvolvidas nos anos 70, a fim de repensar os modelos de desenvolvimento existentes.

*Palavras-chave:* crescimento econômico; limites do crescimento; progresso tecnológico.

### ABSTRACT

In the 70s, the growing concern about environmental degradation caused by human activity in pursuit of material progress, both in scientific circles and in society, generated an intense debate that addressed the physical limitations imposed by the environment to economic growth. At the beginning of the decade,

\* Os autores agradecem os valiosos comentários e sugestões oferecidos por dois pareceristas anônimos deste periódico e por Paulo Sérgio Fracalanza. Vale a ressalva de que os erros remanescentes se devem, única e exclusivamente, aos autores.

\*\* Economista e mestranda pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bolsista FAPESP. E-mail: [beatrizmsaes@gmail.com](mailto:beatrizmsaes@gmail.com)

\*\*\* Administrador e mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Bolsista Capes. E-mail: [miyamototup@gmail.com](mailto:miyamototup@gmail.com)

researchers at the Science Policy Research Unit (SPRU) of the University of Sussex in England, in the context of this debate, produced an extensive critique of the famous report *The Limits to Growth* (New York: Universe, 1972), authored by scientists of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) in the United States. The book *Models of Doom: a critique of The Limits to Growth* (New York: Universe, 1973) collected the SPRU articles and criticisms, whose central point concerned the role of technological change in overcoming the limits of growth. Later, new studies have been developed by researchers who took part in one of those two groups, updating the arguments produced in the 70s. Even today, there is no consensus about the limits of the role of technology to overcome environmental problems. With the worsening of these problems, it is important to deepen the debate, starting from criticism developed in the 70s, in order to rethink the existing models of development.

*Keywords:* economic growth; limits to growth; technological progress.

## 1. Introdução

No início dos anos 1970, a crescente preocupação com a degradação ambiental causada pela ação humana na busca pelo progresso material gerou, tanto no meio científico quanto na sociedade, um debate intenso que questionava a busca incessante do crescimento econômico pelos países e que discutia a existência de limites físicos impostos pelo meio ambiente a esse crescimento. Nesse contexto, por um lado, figuravam posições otimistas, que apostavam na superação dos limites naturais a partir dos avanços tecnológicos; por outro, havia, por parte de alguns pesquisadores, certo pessimismo quanto ao papel da tecnologia na contenção das pressões da atividade humana sobre o meio ambiente.

No que diz respeito à vertente pessimista da discussão ambiental dos anos 70, destaca-se a produção do relatório *The Limits to Growth*. A iniciativa de discutir os limites do crescimento partiu do industrial italiano Aurelio Peccei que, em 1968, juntamente com o cientista escocês Alexander King, promoveu a formação do Clube de Roma, reunindo pesquisadores, empresários e funcionários de governos de diversas nacionalidades para discutir os problemas futuros da Humanidade. Posteriormente, um grupo de cientistas do Massachusetts Institute of Technology (MIT), liderado por Dennis Meadows, foi convidado pelo Clube para escrever o relatório que, a partir da utilização de modelos computacionais, sinalizava problemas do crescimento econômico mundial no longo prazo. O relatório, publicado em 1972, foi amplamente divulgado e é, até os dias de hoje, um dos trabalhos mais conhecidos a tratar os problemas da continuidade

dos crescimentos econômico e populacional. As conclusões da pesquisa indicavam que a escassez de recursos naturais e a degradação ambiental seriam os principais limitadores, em termos absolutos, do crescimento econômico, e que os avanços tecnológicos não seriam capazes de conter as pressões ambientais decorrentes da crescente atividade humana (CORAZZA, 2005).

Assim, segundo Meadows *et al.* (1973 [1972]), os problemas fundamentais enfrentados pela sociedade decorreriam da manutenção de um crescimento econômico ilimitado frente à existência de um planeta com recursos naturais finitos. O crescimento exponencial do consumo e da população levaria à exaustão dos recursos do planeta e a crescentes níveis de poluição em um futuro não muito distante. A partir de cenários gerados por modelos computacionais, os autores concluem que

se as atuais [1972] tendências de crescimento da população mundial – industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais – continuarem imutáveis, os limites do crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável será um declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 20).

A mudança tecnológica, em qualquer cenário do modelo, não alteraria de forma significativa os resultados. Por um lado, a utilização de energia nuclear, por exemplo, permitiria ampliar de forma indefinida a produção, mas, por outro, geraria níveis crescentes de poluição. Ou seja, a introdução de avanços tecnoló-

gicos apenas adiaria o colapso resultante do aumento da atividade humana e, portanto, segundo a equipe de Meadows, a única forma de impedir o colapso previsto seria combater as fontes de crescimento exponencial com uma política de crescimento econômico zero. Os autores concluem também que

é possível modificar estas tendências de crescimento e formar uma condição de estabilidade ecológica e econômica que se possa manter até um futuro remoto. O estado de equilíbrio global poderá ser planejado de tal modo que as necessidades materiais básicas de cada pessoa na [T]erra sejam satisfeitas, e que cada pessoa tenha igual oportunidade de realizar seu potencial humano individual (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 20).

No entanto, o pessimismo tecnológico presente no relatório, assim como a proposta de limite absoluto ao crescimento, foram motivos de discordância no meio científico. Os pesquisadores da Science Policy Research Unit (SPRU) da Universidade de Sussex, na Inglaterra, produziram uma crítica detalhada a *The Limits to Growth* a partir de uma abordagem neo-schumpeteriana. A SPRU, fundada pelo professor Christopher Freeman em 1966, é um centro de pesquisa reconhecido pelos estudos sobre o papel das mudanças tecnológicas no processo de desenvolvimento econômico. A crítica foi publicada, em 1973, com dois títulos: *Thinking About the Future: a critique of The Limits to Growth* e *Models of Doom: a critique of The Limits to Growth*, na Inglaterra (Londres: Chatto & Widus) e nos Estados Unidos (Nova Iorque: Universe), respectivamente. Os autores enfatizavam a importância do progresso tecnológico, que teria sido subestimado no relatório. Posteriormente, a equipe de Meadows escreveu a resposta da crítica de Sussex, que foi inclusive publicada na versão americana do livro (Nova Iorque: Universe) organizado pelos pesquisadores da SPRU com o nome *A Response to Sussex* (MEADOWS *et al.*, 1973).

Para Freeman (1984), a solução de crescimento zero proposta pela equipe de Meadows reflete os resultados

de um modelo extremamente pessimista, que subestima a mudança técnica e a capacidade do sistema social de responder a problemas como poluição e crescimento demográfico exponencial. Freeman afirma que uma economia cuja produção fosse baseada intensivamente na utilização de recursos naturais inevitavelmente encontraria limites ao crescimento. No entanto, considerar que tal modelo de crescimento econômico será prolongado durante muitas décadas adiante é desconsiderar as possibilidades futuras, em aberto para a sociedade, de fazer uso inteligente da mudança tecnológica e, assim, modificar o padrão de crescimento.

Os pesquisadores de Sussex produziram uma crítica ao pessimismo tecnológico da equipe do MIT, mas não apostavam todas as fichas nas soluções tecnológicas. Para eles, a sociedade teria um papel fundamental, ao responder de forma adaptativa aos problemas que surgiriam como decorrência do crescimento das pressões da atividade humana sobre o meio ambiente. Posteriormente, como veremos a partir dos trabalhos recentes produzidos no âmbito da SPRU, a problemática ambiental é enfatizada pelos autores, que identificam novas questões para a superação desses dilemas e novos limites para a inserção das tecnologias adequadas. Os trabalhos mais recentes da equipe do MIT, da mesma forma, apresentam novas questões, relacionadas, sobretudo, ao problema dos resíduos da atividade humana, que colocam novos desafios para a ciência e para a sociedade.

Acreditamos que a análise do debate representado pelo relatório *The Limits to Growth* e pela crítica de Sussex pode trazer contribuições importantes, não só para compreender o debate desenvolvido na década de 1970, mas para aprofundar o entendimento do papel da sociedade e da ciência diante da problemática ambiental, que está longe de ser superada atualmente. Para tanto, este trabalho tem como objetivo, em termos gerais, analisar a evolução do debate entre Sussex e *The Limits to Growth* no que concerne à temática ambiental a partir dos anos 70 e identificar elementos dos trabalhos que iluminam a compreensão do papel da sociedade e da ciência nesse contexto.

## 2. A crítica de *The Limits to Growth* ao progresso cego<sup>1</sup> e a crítica de Sussex ao pessimismo tecnológico

No presente tópico, temos por objetivo apresentar o debate decorrente da publicação do *The Limits to Growth* (MEADOWS *et al.*, 1972) entre os autores do próprio relatório e os pesquisadores de Sussex, cujas críticas foram publicadas na obra *Models of Doom: a critique of The Limits to Growth* (COLE *et al.*, 1973a). Para tanto, pretendemos apresentar, inicialmente, o contexto de surgimento das preocupações ambientais dos anos 1970, no qual a discussão estava inserida. Em seguida, apresentaremos, respectivamente, os principais elementos dos trabalhos do MIT e de Sussex e do debate entre os respectivos pesquisadores.

### 2.1 Crescimento e limites físicos: o debate dos anos 70

O debate sobre crescimento e limites físicos nos anos 70 é, em parte, polarizado entre pessimistas e otimistas tecnológicos. Rachel Carson, em seu *best-seller* *Silent Spring* (Boston: Houghton Mifflin, 1962), impulsionou a crítica aos avanços da tecnologia ao direcionar as atenções da comunidade norte-americana para os impactos e perigos da utilização de pesticidas químicos na agricultura, especialmente o DDT. Carson mostrou que a utilização de químicos sintéticos no controle de alguns insetos indesejáveis à agricultura era responsável não apenas pela contaminação de plantas, animais, água e solo, mas representava também um perigo à saúde humana em razão do manejo desses pesticidas na produção agrícola e da possibilidade de ingestão de alimentos contaminados (CARSON, 1962).

Schumacher (1973) acreditava que a capacidade de crescimento econômico ilimitado era restringida pela

disponibilidade de recursos naturais e pelas pressões impostas ao meio ambiente. Assim como para Carson e Meadows, para o autor, a mudança tecnológica, ao invés de poupar recursos naturais, aceleraria o seu esgotamento, uma vez que o ser humano buscaria superar os limites da natureza, que era vista como obstáculo à satisfação de suas necessidades. Para o autor, a Economia deveria ser orientada por valores éticos importantes para toda a sociedade, incluindo a proteção do ambiente natural, e não apenas objetivos estritamente econômicos. A superação dos problemas ambientais passaria por mudança nos padrões de consumo e produção: “We must thoroughly understand the problem and begin to see the possibility of evolving a new life-style, with new methods of production and new patterns of consumption: a life-style designed for permanence” (SCHUMACHER, 1973, p. 8).<sup>2</sup>

Por outro lado, havia também quem enfatizasse que a visão dos ambientalistas da década de 70 era extremamente pessimista por desconsiderar os avanços da tecnologia. Entre os, por assim dizer, otimistas tecnológicos, destacava-se o economista Robert Merton Solow, que seria laureado, em 1987, com o Prêmio Sveriges Riksbank de Ciências Econômicas em Memória de Alfred Nobel, “for his contributions to the theory of economic growth” (THE NOBEL FOUNDATION, 2012). Para o autor, a exaustão dos recursos naturais poderia ser evitada indefinidamente pela mudança tecnológica, principalmente aquela voltada a poupar recurso, e pela capacidade de substituição de recursos naturais por capital e trabalho no processo de produção. As invenções poupadoras de recursos seriam de provável ocorrência, bem como apresentariam capacidade ilimitada para salvar recursos naturais (SOLOW, 1974).

A Fundação Bariloche<sup>3</sup> também produziu uma crítica ao ambientalismo dos anos 70, em especial ao relatório *The Limits to Growth*, enfatizando os aspectos sociais do crescimento econômico. Em um encontro patrocinado pelo Clube de Roma em 1970, no Rio

<sup>1</sup> Referência ao lema da associação ecologista Sierra Club, fundada em 1892: “Não uma oposição cega ao progresso, mas uma oposição ao progresso cego” (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 152).

<sup>2</sup> “Precisamos entender completamente o problema e começar a ver a possibilidade de criar um novo estilo de vida, com novos métodos de produção e novos hábitos de consumo: um estilo de vida projetado para ser permanente” (SCHUMACHER, 1973, p. 8.).

<sup>3</sup> A Fundação Bariloche era na época liderada por Amílcar Herrera, que em anos posteriores viria a ser professor da UNICAMP.

de Janeiro, diversos pesquisadores, em sua maioria latino-americanos, reuniram-se para discutir o modelo computacional desenvolvido por Dennis Meadows. A partir dessa reunião, esses pesquisadores, liderados Amílcar Herrera, se organizaram por meio da Fundação Bariloche com o objetivo de desenvolver um modelo de crescimento econômico baseado nas questões discutidas durante o debate (HERRERA *et al.*, 1976).

No relatório intitulado *Catastrophe or New Society?*, Herrera *et al.* (1976) afirmavam que os maiores problemas enfrentados pela Humanidade não seriam os limites físicos ao crescimento, mas distúrbios sociopolíticos que geravam distribuição desigual de poder entre e dentro de nações. A degradação ambiental não seria uma consequência inevitável do progresso econômico, mas uma consequência de valores sociais destrutivos. Qualquer política de redução de impactos ambientais enfrentaria dificuldades para ser implantada de forma homogênea em um mundo socioeconomicamente desigual. Para os autores, a parcela da população pobre, vivendo em condições precárias, não poderia abrir mão do consumo material presente em detrimento do consumo das próximas gerações.

Para Herrera *et al.* (1976), a ideia expressa em *The Limits to Growth* sobre a existência de limites físicos insuperáveis ao crescimento negaria a uma parcela dos membros da sociedade humana a possibilidade de alcançar um padrão de vida aceitável. O problema do esgotamento das reservas naturais poderia ser resolvido pela descoberta de novas reservas em resposta às mudanças tecnológica e econômica, sendo a primeira responsável pelo acesso às novas reservas e a segunda, pela viabilidade de explorá-las. Herrera *et al.* argumentam ainda que o fato de o planeta Terra ser finito não corresponderia automaticamente à finitude dos recursos naturais, uma vez que alguns recursos incorporados em bens de capital e em bens de consumo poderiam ser recuperados com o avanço tecnológico:

With very few exceptions, the huge volume of mineral resources in the crust are not lost once they have been

mined and used, but continue to form an integral part of the planet's resources. They may be temporarily incorporated into capital or consumption goods; they may be chemically combined with other elements; but despite this, they remain indestructible. Technology has shown its ability to find ways of extracting resources from the most diverse geological formations. It can also recover materials that have already been used once or several times (HERRERA *et al.*, 1976, p. 32).<sup>4</sup>

Quanto às possíveis restrições energéticas que a Humanidade poderia vir a sofrer, os autores sugeriram que, em um cenário de queda das reservas de combustíveis fósseis, a energia nuclear poderia ser utilizada como substituta, sustentada por amplas reservas de urânio capazes de assegurar a produção de energia por milhares de anos. No que diz respeito à poluição, os autores acreditavam que a sua geração teria causas distintas nos países subdesenvolvidos e desenvolvidos. Enquanto no último grupo a poluição resultaria de uma intensa atividade industrial, nos países subdesenvolvidos ela teria como principal causa a pobreza. Assim, esse tipo de poluição tenderia a desaparecer na medida em que as necessidades básicas da população, como moradia e esgoto, fossem satisfeitas.

De forma geral, esses trabalhos são pioneiros pela ênfase à questão ambiental, que não tinha então uma difusão tão grande quanto hoje. A apreensão da sociedade em relação à nova problemática, que passou a ser sentida na pele por alguns grupos – como foi o caso dos agricultores de diversos países que faziam uso do DDT –, contribuiu para uma grande repercussão dessas publicações. Outras obras de menor alcance, também produzidas no período, tornaram-se, décadas após, estudos de referência para pesquisadores da temática ambiental. Entre essas, podemos citar, por exemplo, *The Entropy Law and the Economic Process* (GEORGESCU-ROEGEN, 1971), *Steady State Economics* (DALY, 1977) e *Toward a Steady State Economy* (DALY, 1973). Nesse contexto, é possível compreender a importância e a novidade que a publicação do *The Limits to Growth* representou. Nos

<sup>4</sup> “Com muito poucas exceções, o enorme volume de recursos minerais na crosta terrestre não está perdido uma vez que tenham sido extraídos e usados, mas continua a ser parte integrante dos recursos do planeta. Eles podem estar temporariamente incorporados em bens de consumo ou em bens de capital; eles podem estar combinados quimicamente com outros elementos; mas, apesar disso, eles permanecem indestrutíveis. A tecnologia tem mostrado a sua capacidade de encontrar novas formas de extrair recursos das formações geológicas mais diversas. Ela também pode recuperar os materiais que já foram utilizados uma vez ou várias vezes” (tradução nossa).



próximos tópicos (2.2, 2.3, 2.4), analisaremos como tanto os questionamentos colocados pelo relatório como a metodologia empregada pelos autores significaram um grande pioneirismo e, ao mesmo tempo, geraram grandes controvérsias no meio científico.

## 2.2 The Limits to Growth

Ao convidar a equipe do MIT para realizar a investigação da qual resultou a publicação de *The Limits to Growth*, o Clube de Roma tinha em mente dois objetivos imediatos.

O primeiro consistia em obter uma visão mais clara dos limites do nosso sistema mundial e das restrições que ele impõe à população humana e suas atividades. [...] Um segundo objetivo era ajudar a identificar e estudar os elementos dominantes que influem no comportamento dos sistemas mundiais a longo prazo, bem como suas interações (KING *et al.*, 1973 [1972], p. 181).

Para atingi-los, os autores utilizaram a dinâmica de sistemas, que foi criada pelo professor Jay Wright Forrester, do MIT, ao longo dos anos 1950 e 1960, inicialmente com o objetivo de compreender o comportamento da indústria. A dinâmica de sistemas era uma forma de modelar o comportamento de sistemas caracterizados pela existência de estoque, de fluxos, de *feedbacks* e de não linearidades. Os modelos permitiam identificar os resultados de mudança em variáveis diversas (fluxos ou estoques), assim como produzir cenários desejáveis (VICTOR, 2008, p. 89-94). Em 1971, a dinâmica de sistemas foi ampliada para a análise do mundo inteiro a partir dos modelos *World1* e *World2* (FORRESTER, 1971). No relatório do Clube de Roma, foi Dennis Meadows, aluno de Forrester, quem conduziu o estudo final do modelo utilizado, que foi denominado *World3*.

Em *The Limits to Growth*, os fatores básicos do estudo, contidos no modelo *World3*, eram os estoques e os fluxos da população, da produção de alimentos, da produção industrial, da poluição ambiental e do consumo de riquezas naturais não renováveis, uma vez que estes elementos eram tidos como determinantes do crescimento do planeta. Pela própria análise dos autores, o *World3*

era um modelo “imperfeito, supersimplificado [*sic*] e inacabado”, porém, apesar das limitações, tratava-se do modelo mais útil para lidar com problemas mundiais de longo prazo. Em 1972, os autores consideravam que ele era

o único modelo que existe, cujo alcance é verdadeiramente global no seu escopo, com um horizonte de tempo maior do que trinta anos e que inclui variáveis importantes como população, produção de alimentos e poluição, não como entidades independentes, mas como elementos dinâmicos em interação, tal e como o são no mundo real (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 18).

Além disso, os autores enfatizavam duas vantagens dos modelos formais e matemáticos sobre os “modelos mentais”: as hipóteses eram claras e precisas e, assim, passíveis a exames e a críticas por todos; ademais, as hipóteses, por mais complicadas que fossem, poderiam ser investigadas, sem erro, por computador. Por fim, apesar do caráter preliminar do modelo, a sua publicação era importante, uma vez que poderia ser útil para os tomadores de decisões em todo o mundo. Seria inviável esperar por modelos perfeitos, pois diariamente são formuladas políticas, a partir de modelos formais ou mentais, que irão afetar a economia e a sociedade no futuro.

A partir de diferentes cenários, o modelo de *The Limits to Growth* mostra que, a não ser que se busque uma condição de estabilidade ecológica e econômica, com restrições deliberadas ao crescimento da população e do capital, os limites físicos do crescimento do planeta devem ser alcançados no final do século XXI (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 124). No cenário mais otimista de persistência do crescimento, há adoção de tecnologia em todos os setores do modelo mundial para contornar os limites existentes: considera-se que há reservas “ilimitadas” de energia, a partir do uso da tecnologia nuclear; que os recursos naturais são inteiramente explorados e que 75% deles são reciclados; que há redução da geração de poluição a um quarto de seu valor em 1970; que dobram os rendimentos da terra e que métodos efetivos de controle de natalidade tornam-se disponíveis à população mundial. No entanto, apesar da aplicação destas tecnologias, no final do século XXI, o aumento da atividade industrial é interrompido e a taxa

de mortalidade cresce à medida que os recursos naturais esgotam-se, que a poluição acumula-se e que se reduz a produção de alimentos (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 140-144).

Segundo os autores, o comportamento do sistema consistia, a menos que alguma necessária e eficaz intervenção fosse adequadamente levada a efeito, no crescimento exponencial da população e do capital e em um consequente colapso – este ocorreria acompanhado ou não da introdução de um conjunto de mudanças tecnológicas. Dessa forma, apesar de uma visão majoritariamente otimista na sociedade, a adoção de novas tecnologias seria incapaz de afastar de forma indefinida os limites do crescimento.

Nos últimos 300 anos a humanidade conseguiu um recorde impressionante fazendo recuar os limites aparentes de crescimento econômico e populacional por uma série de espetaculares avanços. Já que a história recente de uma grande parte da sociedade humana tem sido tão continuamente marcada por grandes êxitos, é bem natural que muitas pessoas esperem que os avanços tecnológicos continuem afastando indefinidamente os limites físicos. Essas pessoas falam do futuro com um otimismo tecnológico ressonante (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 128).

No que diz respeito aos efeitos colaterais da tecnologia,<sup>5</sup> que ocorrem nas esferas físicas, econômicas e sociais, o modelo teria algumas limitações para compreendê-los. As instituições sociais e políticas, invariavelmente, são incapazes de antecipar-se às mudanças tecnológicas e este atraso social tende a agravar a instabilidade do sistema mundial. No entanto, o modelo construído não permitia detectar as mudanças dos padrões sociais, pois apenas observava a relação entre variáveis físicas. Supunham-se condições sociais estáveis, tal como paz, estabilidade e instrução e, consequentemente, subestimavam-se os efeitos negativos do atraso social e dos efeitos colaterais de novas tecnologias (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 144-148).

Evidentemente, essa omissão era apenas uma de muitas outras presentes no *World3*. Para analisar o trabalho realizado em *The Limits to Growth*, é preciso ter em mente que nenhum modelo pode ficar isento a críticas (VICTOR, 2008, p. 92). Alguns dos pontos susceptíveis do modelo foram evidenciados no trabalho. Os próprios autores afirmam que:

Como os modelos podem acomodar somente um número limitado de variáveis, as interações estudadas são apenas parciais. Foi assinalado que em um modelo global, como o usado neste estudo, também o grau de agregação é necessariamente alto (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 183).

Por isso, a contribuição fundamental do relatório não está relacionada à precisão dos cenários gerados pelo modelo, mas sim, à observação de uma tendência possível de colapso do sistema. Ou seja, pouco deveria importar para quando o colapso estava previsto. A simples observação de uma tendência ao colapso seria o suficiente para apontar uma necessidade de uma “mudança fundamental nos valores da sociedade” (MEADOWS *et al.*, 1973 [1972], p. 184).

### 2.3 Models of Doom: a critique of The Limits to Growth

*The Limits to Growth* foi severamente criticado, principalmente por economistas. Uma crítica recorrente dizia respeito à ausência do mecanismo de preços no funcionamento do modelo. Para alguns economistas, o mecanismo de preços seria capaz de evitar o colapso, uma vez que os recursos escassos tornar-se-iam relativamente mais caros e acabariam sendo substituídos por recursos não escassos. Outro ponto também importante era a crítica de que os modelos do relatório de 1972 subestimavam o papel da tecnologia para a superação dos problemas ambientais (ver, p.e., NORDHAUS, 1973;

<sup>5</sup> Um exemplo é o resultado da Revolução Verde em muitas regiões: apesar do aumento da produção da agricultura, ela agravou as condições de desigualdade econômica, o desemprego na zona agrícola e o êxodo rural.

FRIEDMAN, 2005; VICTOR, 2008, p. 89-94). A análise elaborada pela equipe da Science Policy Research Unit (SPRU), da Universidade de Sussex, inseria-se nesse segundo conjunto de críticas, que atribuíam um papel importante à mudança tecnológica, embora também perpassasse muitos outros pontos que destacaremos adiante.

A equipe do SPRU, também multidisciplinar, era composta por pesquisadores das áreas de economia, engenharia, matemática, biologia e estatística, entre os quais estavam os economistas Christopher Freeman e Keith Pavitt. As críticas do grupo foram reunidas no livro *Models of Doom: a critique of The Limits to Growth* (Nova Iorque, Universe),<sup>6</sup> publicado em 1973, com um artigo-réplica escrito pelos autores de *The Limits to Growth* intitulado “A Response to Sussex”. O livro é dividido em duas partes: na primeira, os autores questionam a validade metodológica de cada subsistema e do sistema mundial do modelo *World3* utilizado pelo MIT; na segunda, questiona-se a base ideológica do grupo, ocultada pela aparente neutralidade dos “modelos computacionais”.

Em termos metodológicos, a equipe de Sussex aponta uma série de possibilidades de erros, decorrentes de distorções das tendências das variáveis, cuja base de dados seria inadequada, e da ausência de processos adaptativos no modelo. Por um lado, a ausência de bases de dados confiáveis para os anos de 1900 a 1970 implicaria uma construção de um modelo insatisfatório para determinação de tendências, podendo provocar amplas distorções. Por outro lado, a ausência de economia adaptativa, na qual não há retorno dos processos tecnológicos e sociais, exclui o elemento mais importante na dinâmica do sistema: a mudança de valores. Esta mudança poderia acarretar a alteração de pressupostos fortes do modelo: provável alteração do padrão de crescimento populacional, surgimento de novas tecnologias mais eficientes e produtivas e mecanismos de *feedback* na indústria que poderiam prevenir a catástrofe. Segundo H. Cole e Ray Curnow, a introdução de progresso tecnológico no modelo do MIT, em alguns setores omitidos, teria o

efeito de prolongar indefinidamente o colapso do sistema. Portanto, em *The Limits to Growth*, os pressupostos que provocam inevitavelmente o colapso surgem de uma visão particular de mundo, associada a um modelo insatisfatório, e não de um resultado necessário do *World3*:

Forrester and Meadows assumptions are very much a reflection of their generally pessimistic view of the world. Early chapters have shown that in many cases the data from which the numerical values used in the models are estimated are poor. It is all too easy for a systematic bias reflecting a particularly pessimistic (or for that matter optimistic) view to influence the actual estimates used (COLE; CURNOW, 1973, p. 133).<sup>7</sup>

Dessa forma, a utilização dos “modelos computacionais”, embora não completamente rejeitada, é alvo de grandes críticas pela equipe da SPRU. Segundo eles, haveria certo fetichismo relacionado ao uso do computador, que aparentemente forneceria um conhecimento preciso de variáveis e relações desconhecidas. A simplicidade das técnicas implicaria uma simplificação grosseira da realidade e os fatores dificilmente calculáveis tenderiam a ser negligenciados – tal como as mudanças políticas e de valores. Ademais, de acordo com Freeman, o uso dos modelos não poderia substituir a discussão teórica e a definição de pressupostos políticos, que, com a utilização do computador, tornam-se inacessíveis às pessoas que não possuem o conhecimento técnico matemático. Assim, é fundamental a discussão ideológica, realizada na segunda parte do livro, que havia sido omitida pela equipe de *The Limits to Growth* (FREEMAN, 1973).

Segundo Freeman, os pressupostos sobre as relações entre variáveis do modelo seriam muito influenciados pelas teorias sociais contemporâneas, com um papel importante para Malthus. Os resultados apresentados, portanto, não seriam simples resultados matemáticos, mas sim consequências dos “modelos mentais” dos pesquisadores – estes, ocultados em *The Limits to*

<sup>6</sup> Na Inglaterra, o livro foi publicado com o título *Thinking about the Future: a critique of The Limits to Growth* (Londres: Chatto & Windus, 1973).

<sup>7</sup> “Os pressupostos de Forrester e de Meadows são reflexos de suas visões pessimistas do mundo. Os capítulos anteriores mostraram que em muitos casos os dados, a partir dos quais os valores numéricos utilizados nos modelos foram estimados, são pobres. Um viés sistemático refletindo uma visão particularmente pessimista (ou otimista) pode facilmente influenciar as estimativas efetivamente utilizadas” (tradução nossa).



*Growth* a partir da ênfase na superioridade dos “modelos computacionais”. Para o autor, a expressão

‘Malthus in, Malthus out’ does bring out the essential point that what is on the computer print-out depends on the assumptions which are made about real-world relationships, and these assumptions in turn are heavily influenced by those contemporary social theories and values to which the computer modelers are exposed (FREEMAN, 1973, p. 8).<sup>8</sup>

Dessa forma, Freeman considera que, ao supor crescimento exponencial da população e do capital, Forrester e Meadows partem das ideias malthusianas de que o crescimento econômico, ao induzir o aumento da população, regressaria por causa da dificuldade de produzir alimentos suficientes. Assim, reavivam o interesse nas preocupações dos economistas clássicos, entre as quais a de que o crescimento é impossibilitado por limites físicos. No entanto, segundo Pavitt (1973), sabe-se que as previsões clássicas sobre os limites físicos, possivelmente associadas aos interesses da aristocracia rural, estavam incorretas. No período, poderia estar ocorrendo um processo semelhante, no qual o debate mais importante sobre a igualdade social estaria sendo relegado para promover-se o debate sobre os limites físicos. Este autor considera ainda que

[...] some contemporary economists have argued that the movement hostile to economic growth can be seen as supporting the interests of the materially well-off, who find that life is less pleasant for them when an ever larger number of people begin to approach the same living standards as their own and, in particular, when they start using the same, scarce infrastructure (PAVITT, 1973, p. 154).<sup>9</sup>

A equipe de pesquisadores de Sussex, portanto, considera que os obstáculos políticos e sociais do crescimento são mais desafiadores do que os limites puramente físicos e que o problema principal é estimular o crescimento que conserve o meio ambiente e seja mais igualitário. O crescimento zero em tal contexto seria inaceitável, uma vez que a pobreza era ainda o maior problema para a maioria das pessoas no mundo. Haveria, no entanto, como também enfatizado pela equipe do MIT, a necessidade de desenvolver tecnologias que não agredissem o meio ambiente e que contribuíssem para a conservação dos recursos finitos. Nesse sentido, Freeman afirma que “we should not fall into the error of some of the more pessimistic ecologists: failure to consider the tremendous potential of changing technology in relation to human social systems”<sup>10</sup> (FREEMAN, 1973, p. 11).

De maneira geral, é possível afirmar que os pesquisadores da SPRU concordam a respeito da importância da problemática ambiental abordada pelo Clube de Roma e destacam o papel fundamental do relatório para estimular as discussões acerca do futuro da sociedade. No entanto, criticam a ênfase dada aos limites físicos e à ausência nos modelos da resposta adaptativa dos seres humanos a estes problemas, principalmente a partir do desenvolvimento de novas tecnologias. Nesse sentido, o principal interesse dos pesquisadores de Sussex concentra-se na discussão de políticas para ciência e tecnologia, cujo progresso dependeria de uma série de fatores conflitantes no período, tal como o montante crescente de recursos destinados a pesquisa e desenvolvimento e a distribuição desigual desses recursos, concentrados principalmente nas inovações militares em países desenvolvidos.

Alguns elementos da crítica de Sussex são fundamentais, portanto, para aprofundar a discussão a respeito dos limites ao crescimento. Um primeiro elemento, como já destacado no tópico anterior, é a necessidade de olhar

<sup>8</sup> “‘Malthus in, Malthus out’ traz à tona o ponto essencial de que os resultados apresentados pelo computador dependem dos pressupostos que são feitos sobre as relações do mundo real, e esses pressupostos, por sua vez, são fortemente influenciados pelos valores e pelas teorias sociais contemporâneas a que os elaboradores dos modelos computacionais estão expostos” (tradução nossa).

<sup>9</sup> “[...] alguns economistas contemporâneos têm argumentado que o movimento hostil ao crescimento econômico pode ser visto como uma defesa dos interesses dos materialmente ricos, que acham que a vida pode ser menos agradável para eles quando um número cada vez maior de pessoas começa a se aproximar do seu padrão de vida, em particular, quando esse crescente número de pessoas começa a usar a mesma e escassa infraestrutura” (tradução nossa).

<sup>10</sup> “Nós não devemos cometer o erro de alguns dos ecologistas mais pessimistas: falhar em considerar o tremendo potencial de mudança tecnológica em relação aos sistemas sociais humanos” (tradução nossa).

com certa desconfiança para modelos de previsões, ainda mais de cenários de longo prazo, e, adicionalmente, uma necessidade de discussão detalhada dos pressupostos do modelo. Outro elemento interessante do debate é o receio de que as preocupações ambientais pudessem alimentar, como afirma o francês Jean-Paul Besset (2005), uma possível tendência reacionária – a partir da qual as preocupações sociais seriam relegadas para um segundo plano. Por fim, a tecnologia é o elemento-chave da análise de Sussex: por um lado, a introdução de novos pressupostos no modelo, relacionados a ela, permitem inverter as previsões de *The Limits to Growth*; por outro, é a partir dela que as mazelas da sociedade poderiam ser solucionadas. Estas questões serão problematizadas e discutidas no tópico a seguir (2.4).

#### 2.4 “A response to Sussex”: pressupostos malthusianos e uma nova visão da Economia

Após as críticas produzidas pela equipe da SPRU, os autores Donella H. Meadows, Dennis L. Meadows, Jørgen Randers e William Behrens III, de *The Limits to Growth*, escreveram o artigo “A Response to Sussex”, que esclarecia alguns pontos a respeito do modelo utilizado e dos julgamentos do próprio grupo a respeito da base ideológica implícita no trabalho. Além disso, os autores criticavam os pesquisadores de Sussex por não sugerirem alternativas e por não descreverem em termos precisos o processo de mudança social e avanço tecnológico que permitiria viabilizar a continuação do crescimento.

Primeiramente, no que diz respeito ao modelo empregado, como destacamos anteriormente, a equipe do MIT efetivamente não buscou a perfeição: os modelos de sistemas dinâmicos são gerais e holísticos, não buscavam, no caso da investigação em apreço, a precisão e a previsão de curto prazo, mas sim a exploração de tendências e de dinâmicas no longo prazo. Além disso, a sociedade não poderia esperar por modelos perfeitos e objetivos de longo prazo, mas sim deveria implementar

rapidamente o melhor modelo possível, mesmo que sob influência das impressões subjetivas de um grupo, para promover políticas para o futuro.

Por sua vez, sobre o questionamento da base ideológica do grupo, os autores de *The Limits to Growth* reafirmam a existência de limites físicos ao crescimento da população e do capital. Segundo eles, Freeman está correto ao dizer “Malthus in, Malthus out”: o modelo computacional *World3* é consequência lógica da visão de uma Terra finita. Esta visão é determinada por quatro pressupostos: i) há um estoque finito de recursos não renováveis; ii) a capacidade do meio ambiente para absorver poluentes é finita; iii) a quantidade de terras aráveis é limitada; iv) há uma quantidade finita de alimentos obtíveis a partir de cada hectare de terra. No entanto, segundo eles,

from our Malthusian point of view, western man is entirely too prone to rejoice in his newly-irrigated land, underwater oil-drilling rigs, Green Revolution, and catalytic converters and to ignore the eroded, salinized, or strip-mined land, dumps of wasted resources, depleted ore bodies, simplified ecosystems, and deprivation of other cultures he leaves in the wake of his ‘progress’ (MEADOWS *et al.*, 1973, p. 227).<sup>11</sup>

Esta crença cega no progresso faria com que, na sociedade moderna, as pressões causadas pela limitação de qualquer recurso fossem retiradas para permitir um maior crescimento. Não faltam exemplos para este processo, tais como a ampliação do comércio internacional e a utilização da energia nuclear. Ou seja, optar-se-ia sempre por remover os sintomas dos limites, ao invés de diminuir as forças do crescimento. Ao contrário do que sugerem os pesquisadores de Sussex, a tendência presente de progresso tecnológico promoveria uma ampliação das pressões sobre os limites físicos do sistema mundial.

Portanto, os autores de *The Limits to Growth* são céticos quanto à possibilidade de a tecnologia superar os desafios futuros da sociedade. Seria preferível, e menos arriscado, ter uma sociedade estável sem crescimento

<sup>11</sup> “Do nosso ponto de vista malthusiano, o homem do ocidente é inteiramente propenso a se alegrar com a sua terra recém-irrigada, com as suas plataformas de prospecção de petróleo, com a sua Revolução Verde e com os seus conversores catalíticos, e propenso a ignorar a terra salinizada e erodida, os recursos desperdiçados, os depósitos de minérios esgotados, ecossistemas simplificados e a destruição de outras culturas deixadas à margem do ‘progresso’” (tradução nossa).

econômico a contar com a força milagrosa do progresso tecnológico: “We are uncomfortable with the idea of basing the future of our society on technologies that have not yet been invented and whose side effects we cannot assess” (MEADOWS *et al.*, 1973, p. 237).<sup>12</sup> Além disso, os autores revelam que, em um sentido específico, são sim malthusianos.

It seems to us not only more realistic, but more socially responsible and more useful to investigate the ways in which society might adjust itself to earthly limitations, rather than to assume away all such limitation. We are indeed Malthusians, at least in a broad, total-system sense (MEADOWS *et al.*, 1973, p. 142).<sup>13</sup>

Ao criticar as conclusões de *The Limits to Growth* e não sugerir alternativas ou outras metodologias, a equipe do SPRU estaria contribuindo para a manutenção do *status quo*, pois não estimularia mudança da visão presente sobre os processos econômicos e políticos da sociedade. Em “A Response to Sussex”, os autores apontam que efetivamente poucos pesquisadores estavam pensando sobre como seria a sociedade no futuro, quando surgissem fortes pressões sobre os limites físicos. Entre estes, destacavam-se Nicholas Georgescu-Roegen, Herman Edward Daly, Kenneth Ewart Boulding e Ezra J. Mishan, que apontavam a necessidade de pensar a Economia num estado físico estabilizado (MEADOWS *et al.*, 1973, p. 230).

Nesse sentido, nos parece que a preocupação com limites ambientais, efetivamente, ao contrário do que sugerem os pesquisadores de Sussex, poderia contribuir para a centralidade da problemática social no âmbito político, principalmente no que diz respeito à desigualdade social. A reflexão sobre uma Economia estável, do ponto de vista físico, impõe a necessidade de distribuição

da riqueza, uma vez que a pobreza não pode mais ser superada a partir do crescimento econômico. Ademais, o argumento de que a desigualdade é necessária para a acumulação perde sua razão de existir:

If growth must cease, the surplus becomes less important, and so do those who control it. If the surplus is not to lead to growth, then it must be consumed, and ethical demands for equal participation in the consumption of the surplus could not be countered by arguments that that inequality is necessary for accumulation. Accumulation in excess of depreciation, and the privileges attached there to, would not exist (DALY, 1996: 43).<sup>14</sup>

Portanto, mesmo se os modelos de *The Limits to Growth* estivessem equivocados, como sugerem os pesquisadores de Sussex, não é possível afirmar que o crescimento econômico permitiria de forma eficaz solucionar os problemas sociais. O fato de tratarem de um tema tão controverso e incerto, como é a problemática ambiental, significa que, efetivamente, como vimos no tópico anterior (2.3), é impossível fazer uma previsão adequada do futuro. No entanto, se os pesquisadores de Sussex afirmam que os modelos, por si só, não justificam a existência do colapso, no nosso ponto de vista, eles também não poderiam afirmar que o progresso tecnológico seria suficiente para impedir esse colapso. Dessa forma, é possível afirmar que o debate entre Sussex e *The Limits to Growth* nos anos 1970 revela uma incapacidade de conhecimento objetivo dos dilemas ambientais que viveríamos daí em diante. Por isso, uma contribuição fundamental do debate é apontar para as limitações da ciência para a compreensão do objeto em questão e para a importância da discussão política a respeito dos valores e objetivos da sociedade. Aprofundaremos esses pontos na seção seguinte (3).

<sup>12</sup> “Nós estamos desconfortáveis com a ideia de basear o futuro da nossa sociedade em tecnologias que ainda não foram inventadas, cujos efeitos colaterais nós não podemos avaliar” (tradução nossa).

<sup>13</sup> “Parece a nós não apenas mais realístico, mas também mais útil e socialmente responsável, investigar as formas pelas quais a sociedade pode se ajustar às limitações terrestres do que assumir essas limitações como distantes. Somos realmente Malthusianos, pelo menos em um sentido mais amplo e sistêmico” (tradução nossa).

<sup>14</sup> “Se o crescimento deve cessar, o excedente se torna menos importante, da mesma forma que se tornam menos importantes as pessoas que o controlam. Se o excedente não existir para a promoção do crescimento, ele deve ser consumido, e as exigências éticas por igual participação no consumo do excedente não podem ser combatidas com o argumento de que a desigualdade é necessária para a acumulação. A acumulação em excesso da depreciação e os privilégios inerentes a ela não existiriam” (tradução nossa).

### 3. O debate atual: Economia além dos limites físicos versus um novo paradigma tecnológico

Nessa seção, apresentaremos alguns trabalhos desenvolvidos após os anos 1970 pelos autores do *The Limits to Growth* e pelos pesquisadores de Sussex. Em relação ao *The Limits to Growth*, dois trabalhos (1992 e 2004), de autoria de três dos quatro autores do relatório inicial (D. L. Meadows, J. Randers e D. H. Meadows), deram continuidade à obra original. As contribuições dos pesquisadores de Sussex são mais pontuais e, embora apresentem uma preocupação maior com a questão ambiental, raramente abordam a questão dos limites do crescimento. Por fim, discutiremos o rumo que o debate parece ter tomado e as formas pelas quais a visão centrada na tecnologia parece convergir à discussão dos limites.

#### 3.1 Limits to Growth: the 30-years update

O trabalho e a discussão do livro original tiveram continuidade a partir das obras *Beyond the Limits* (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 1992) e *Limits to Growth: The 30-Year update* (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 2004), que basicamente atualizaram os dados da publicação original. Em ambos os livros, apesar de reconhecerem o aumento da conscientização ambiental e os avanços tecnológicos ocorridos desde o ano de 1972, os autores afirmavam que nenhuma mudança ocorrida no período invalidava as conclusões do trabalho inicial (VICTOR, 2008, p. 92). Utilizando praticamente o mesmo modelo e as mesmas análises, os autores concluíam que, mesmo quando eram consideradas as melhorias técnicas, as políticas de controle de natalidade, a revolução verde na agricultura e a substituição de alguns recursos, o modelo *World3* ainda gerava cenários de colapso econômico.

As forças que conduziam o sistema econômico ao colapso continuavam sendo o crescimento exponencial da economia e da população. Os fatores limitantes do crescimento também permaneciam os mesmos do primeiro relatório: a energia, os recursos naturais e a capacidade do planeta de absorver poluentes. Dos 10 cenários gerados em *Limits to Growth: The 30-Year*

*Update*, apenas dois apresentavam resultados que não conduziam ao colapso. Ambos os cenários pressupunham a estabilidade da população e da produção industrial *per capita* e a adição de tecnologias ao processo de produção, que tanto combateriam a poluição como preservariam os recursos naturais a partir do ano de 2002.

No entanto, novamente os autores do relatório são reticentes quanto ao otimismo tecnológico. Segundo eles, o papel da tecnologia para a prevenção ou para a aceleração do colapso seria determinado pelos objetivos da sociedade como um todo. Se a sociedade desejasse explícita ou implicitamente explorar a natureza, novas tecnologias que conduziram à destruição do meio ambiente e à maximização dos resultados de curto prazo seriam desenvolvidas. Assim, não necessariamente a tecnologia seria fator de contenção do colapso (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 2004).

Ao tratar dos recursos naturais utilizados na produção agrícola, os autores ressaltavam que os limites para a produção de alimentos haviam sido atingidos. Os solos estavam degradados por processos como erosão e salinização, enquanto as áreas cultivadas permaneciam constantes. A produtividade agrícola teria compensado a perda de solos, mas a produtividade não poderia aumentar indefinidamente. Ademais, os limites dos aquíferos também haviam sido alcançados e muitos países começavam a viver efetivamente uma redução da água *per capita*. Enquanto isso, mantinha-se a dependência pelo petróleo na composição da matriz energética mundial. Quando *Limits to Growth: The 30-Year Update* foi elaborado, mais de 80% da energia mundial era proveniente de fontes fósseis. Os autores reconheciam o aumento das reservas de petróleo – tanto pela reavaliação como pela descoberta de novas reservas –, porém os modelos indicavam que o ecossistema cada vez mais apresentaria capacidade limitada para lidar com seus resíduos e poluentes (MEADOWS; RANDERS; MEADOWS, 2004).

Embora não apresentem grandes novidades em termos dos modelos utilizados e em relação às principais conclusões da obra inicial, os relatórios atualizados do *The Limits to Growth* são importantes por indicar uma nova natureza de problemas ambientais, que até então não mereciam destaque entre as previsões alarmistas. Em outras palavras, o problema ambiental mais evidente da escassez de recursos poderia não ser o fator

limitante do crescimento econômico. Ao contrário, a abundância de resíduos gerados pelas transformações dos recursos poderia barrar primeiramente o crescimento devido a uma incapacidade do planeta para absorvê-los de forma apropriada. Nesse sentido, o esgotamento dos ecossistemas iria, provavelmente, ocorrer antes mesmo que começássemos a sentir a escassez dos materiais necessários à atividade humana. Esse seria o caso do petróleo: apesar de haver uma grande preocupação com a sua disponibilidade, o problema mais alarmante para a sociedade possivelmente estaria ligado à emissão de poluentes.

Essa mudança de ênfase reflete a maior preocupação com temáticas como o aquecimento global. Assuntos dessa natureza, no entanto, são muito controversos entre os cientistas e não há nem consenso sobre questões básicas, tal qual se o aquecimento tem origem antropogênica. Para muitos autores, essa predominância da incerteza deveria determinar a adoção de políticas prudentes, elaboradas segundo o Princípio da Precaução.<sup>15</sup> A decisão pública, nesse contexto, não pode estar fundada, unicamente, em bases científicas. Por isso, “a precaução é frequentemente interpretada como um meio de restaurar a primazia do político na definição dos problemas e na oportunidade de engajar uma ação pública” (ROMEIRO, 2001, p. 23). Dessa forma, a necessidade de refletir sobre a direção e os custos do crescimento é determinada pela prudência em relação aos problemas ambientais vividos atualmente – não deve decorrer, portanto, apenas da previsão de modelos que indicam o colapso ou o fim de determinado recurso em “x” anos.

### 3.2. Mudança de paradigma tecnológico e crescimento sustentável

Diferentemente da equipe de *The Limits to Growth*, os pesquisadores do SPRU não retomam, de maneira clara e conjunta, o debate a respeito dos limites físicos ocorrido nos anos 70. Há apenas, como será analisado adiante, uma preocupação crescente com as questões ambientais e com políticas para o desenvolvimento de

tecnologias que solucionem os desafios social e ambiental da atualidade. Freeman, no artigo “The Greening of Technology and Models of Innovation” (1996), em particular, discute algumas questões apresentadas pelo grupo de Sussex na crítica a *The Limits to Growth*. No entanto, sua visão não difere fundamentalmente dos demais trabalhos analisados.

Freeman (1996) enfatiza a mudança da intensidade material e energética do crescimento econômico. Segundo o autor, o consumo energético relativo declina nos países de industrialização avançada durante as décadas de 70 e 80. Tal redução ocorreu fundamentalmente em razão das alterações estruturais na produção e, principalmente, do desenvolvimento de tecnologias poupadoras de material e de energia. As Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) teriam sido fundamentais para diminuir o número e o tamanho dos componentes em muitos produtos, assim como para facilitar o desenho e a construção de sistemas de controle de processos redutores de resíduos e dejetos.

Porém, segundo Freeman, estes elementos não foram suficientes para garantir a transição para o crescimento sustentável da economia mundial, uma vez que se pôde observar um grande aumento das emissões de dióxido de carbono e do consumo de energia. As TIC poderiam de fato contribuir para poupar material, energia e reduzir os custos de transporte, mas sua efetividade dependeria, sobretudo, das políticas social e econômica, assim como de ciência e tecnologia. Portanto, a transição para o crescimento sustentável ficaria sujeita às prioridades das pesquisas públicas e privadas e de políticas que formem um arranjo institucional favorável à transição. Este deve priorizar, entre outros itens, as energias “limpas”, a conservação de materiais e mecanismos de regulação que assegurem a difusão do conhecimento e das inovações. Esta última, por exemplo, teria um papel fundamental para assegurar a sustentabilidade de países de industrialização recente, tais quais China, Índia e Brasil. Assim, além da ênfase no progresso tecnológico, elemento de maior importância no debate dos anos 70, Freeman atribui um papel ainda maior às mudanças institucionais.

<sup>15</sup> A Precaução reflete a ausência de certezas científicas diante de determinado fenômeno, principalmente quando sujeito a grandes danos irreversíveis (ROMEIRO, 2001, p. 23).



Looking back on this 1970s debate with the benefit of hindsight, it is easy to see that a great deal depends on the systemic model of innovation. Only if the science and technology system is highly responsive to social and economic demands and only if the economy is highly responsive to institutional change and social policies would it be possible to avert the type of catastrophes predicted by the MIT [Massachusetts Institute of Technology] models at some time during the 21st century. [...] Only a continuing high rate of technical change and a set of institutional changes, such as those affecting demographic trends and pollution hazards, would prevent catastrophe indefinitely (FREEMAN, 1996, p. 34).<sup>16</sup>

A prevenção da catástrofe prevista pelo modelo do MIT, segundo o autor, ainda não estaria garantida pelas TIC principalmente por problemas e atrasos institucionais. Além da lenta difusão das novas tecnologias, existiriam diversos obstáculos ao estabelecimento efetivo de um novo paradigma tecnológico baseado no uso intensivo de informação computacional e em tecnologias de informação. Numa economia guiada principalmente pelas forças de curto prazo do mercado, as mudanças na trajetória tecnológica ocorreriam principalmente de forma incremental. Além disso, os mecanismos de *lock-in* (aprisionamento) contribuiriam também para inibir mudanças radicais do paradigma. Portanto, existiria uma inércia dos sistemas estabelecidos e a persistência de tecnologias e de infraestruturas antigas por um longo período, mesmo após o estabelecimento do novo paradigma. Evidentemente que as mudanças incrementais, que já vinham ocorrendo de forma intensa, teriam um papel relevante, porém seriam necessárias maiores mudanças para assegurar um desenvolvimento sustentável de longo prazo.

What is required for the world wide transition to a “green technoeconomic paradigm” is something more fundamental than incremental change to an information technology regime. The transition to renewable energy systems in the 21<sup>st</sup> century will not be possible without some major institutional changes in public transport systems, tax systems, and automobile and airplane culture. Despite the important advances in wind power and solar power, it will not be possible either without some far greater R&D [research and development] commitment in the public and private sector as well as procurent policies (FREEMAN, 1996, p. 38).<sup>17</sup>

Em outros trabalhos realizados pelos pesquisadores da SPRU, nota-se que há também uma preocupação centrada em tecnologias, políticas e instituições necessárias para vencer os desafios sociais e ambientais presentes hoje (SMITH; STIRLING, 2008; FREEMAN, 2003; SMITH, 2006). Merece destaque a publicação de *Innovation, sustainability, development: a new manifesto* (STEPS CENTRE, 2010), que representa o esforço coletivo de reflexão a respeito dos problemas da atualidade mais recente realizado no âmbito da SPRU. O título do relatório faz referência ao *Sussex Manifesto* de 1970, quando as preocupações dos pesquisadores da SPRU estavam essencialmente centradas na questão social e apontavam para a necessidade de gastos em ciência e tecnologia para solucionar os problemas dos países em desenvolvimento:

Forty years ago the Sussex Manifesto focused on the scale and location of scientific and technological activity. This earlier manifesto was of its time [...]. It argued that research agendas needed to focus on the world’s ‘developing’ countries and their needs, with ‘advanced’ nations urged

<sup>16</sup> “Olhando para esse debate da década de 1970 com o benefício da retrospectiva, é fácil ver que uma grande quantidade depende do modelo sistêmico de inovação. Se o sistema de ciência e tecnologia for altamente sensível às demandas socioeconômicas e somente se a economia for altamente sensível à mudança institucional e às políticas sociais é que seria possível evitar o tipo de catástrofe previsto pelo modelo do MIT para o século XXI. [...] Somente um elevado índice de mudança técnica e um conjunto de mudanças institucionais, tais como aquelas que afetam as tendências demográficas e os riscos de poluição, evitariam a catástrofe de forma indefinida” (tradução nossa).

<sup>17</sup> “O que é necessário para a transição mundial para um ‘paradigma técnico-econômico verde’ é algo mais fundamental do que a mudança incremental para um regime de tecnologia da informação. Essa transição para sistemas de energias renováveis no século XXI não será possível sem algumas importantes mudanças institucionais nos sistemas de transporte público, no sistema fiscal e nas culturas automobilística e aeronáutica. Apesar dos importantes avanços conquistados nas áreas de energia eólica e solar, essas fontes não serão possíveis sem um elevado investimento em P&D [pesquisa e desenvolvimento], comprometimento nos setores público e privado e políticas interventivas” (tradução nossa).

to devote 5% of their own expenditure on research and development to problems in ‘developing’ countries.<sup>18</sup>

A atualização do debate, em 2010, objetivava agregar a problemática ambiental aos problemas apontados em 1970:

Forty years on, we are again witnessing coordinated international efforts to solve global problems using science and technology [...]. Two arguments are now put forward in favour of this persistent emphasis on science and technology as the core solution to development challenges. In the first, scientific and technological innovations are seen as routes to national economic growth in a highly competitive global economy [...]

The second argument responds to this problem through focusing more directly on particular poverty and environmental challenges. The assumption here is that targeted scientific and technological solutions – ‘silver bullets’ – can be rolled out and applied at scale (STEPS CENTRE, 2010, p. 4-5).<sup>19</sup>

De acordo com o relatório de 2010, a redução da pobreza, a justiça social e a sustentabilidade ambiental poderiam apenas ser alcançadas com o desenvolvimento da ciência, da tecnologia e da inovação. A inovação é pensada, pelos autores, como um conjunto de ideias, instituições, práticas, comportamentos e relações sociais que moldam os padrões científicos e tecnológicos. Ela deve ser transformadora, de modo a remodelar as relações sociais e de poder; deve buscar a sustentabilidade e não ser guiada apenas pelo lucro; e deve prestar atenção à integridade ecológica e a valores sociais e ambientais diversos. Isso significa que os benefícios da inovação devem ser igualmente distribuídos e que a ciência e a tecnologia devem ser moldadas por interesses democráticos.

Ademais, o relatório também afirma que a ciência e a tecnologia têm sido, há muitas décadas, a principal solução aos desafios do desenvolvimento. Estes elementos, segundo os autores, são os caminhos indutores do crescimento econômico nacional em uma economia global altamente competitiva, e este crescimento leva indiretamente à redução da pobreza e à capacidade de proteger o meio ambiente. Portanto, assim como Freeman (1996), *A New Manifesto* destaca a importância do progresso tecnológico para enfrentar a crescente pressão da atividade humana sobre o meio ambiente. Tais trabalhos, realizados por pesquisadores da SPRU, diferem do *Models of Doom*, da década de 70, pois enfatizam a gravidade dos desafios ambientais presentes – vistos, em *Models of Doom*, como secundários em relação à problemática social –, mas não afirmam a necessidade de pensar a atividade econômica restringida pelos limites físicos do planeta. O progresso tecnológico é visto como o elemento capaz de solucionar os problemas gerados por ele mesmo ao longo do último século e, portanto, o único problema é efetivar a mudança de paradigma que generalize tecnologias capazes de afastar das transformações econômicas os limites biofísicos ao crescimento.

#### 4. Conclusão

A análise dos trabalhos dos pesquisadores de Sussex e do grupo de *The Limits to Growth* lança luz sobre problemas relevantes para pensar o desenvolvimento econômico nos dias de hoje. O foco da presente análise – isto é, o papel do progresso tecnológico para a superação dos limites físicos – está no centro de debates importantes sobre a questão ambiental. Um exemplo são as discussões recentes a respeito da Economia Verde,<sup>20</sup> que receberam grande atenção durante as preparações e discussões da Rio+20.<sup>21</sup>

<sup>18</sup> “Quarenta anos atrás, o Manifesto de Sussex focava na escala e na localização da atividade científica e tecnológica. Esse manifesto anterior era próprio ao seu tempo [...]. Ele argumentava que as agendas de pesquisa precisavam focar nos países ‘em desenvolvimento’ e em suas necessidades, com as nações ‘avançadas’ destinando 5% de seus gastos em atividades de pesquisa e desenvolvimento aos problemas enfrentados pelos países em desenvolvimento” (tradução nossa).

<sup>19</sup> “Quarenta anos depois estamos testemunhando novamente esforços internacionais coordenados para resolver problemas globais utilizando ciência e tecnologia [...]. Dois argumentos são apresentados a favor dessa ênfase persistente na ciência e na tecnologia como a solução principal para os desafios do desenvolvimento. No primeiro, as inovações científicas e tecnológicas são vistas como rotas para o crescimento nacional em uma economia global altamente competitiva [...]. O segundo argumento responde a esse problema através do foco sobre a pobreza em particular e os desafios ambientais. O pressuposto aqui é se as soluções científicas e tecnológicas – ‘balas de prata’ – podem ser implementadas e aplicadas em escala” (tradução nossa).

<sup>20</sup> A Economia Verde é uma proposta que tem por objetivo conciliar o crescimento econômico com qualidade ambiental e inclusão social a partir, principalmente, do desenvolvimento tecnológico.

<sup>21</sup> Ver, p.e., *Dossiê Sustentabilidade de Estudos Avançados* (v. 26, nº. 74, jan/abr. 2012).

É possível afirmar que as divergências em relação aos limites do crescimento mantêm-se entre os grupos de Sussex e do MIT. No entanto, ao mesmo tempo em que cresce a percepção da gravidade dos desafios ambientais e a preocupação com um paradigma tecnológico que os solucione entre os pesquisadores de Sussex, há entre os autores de *The Limits to Growth* uma crescente percepção de que a questão é mais complicada do que imaginávamos nos anos 1970 – a maior preocupação talvez não seja o esgotamento dos recursos, mas a poluição decorrente de sua transformação e, por isso, a solução para os principais problemas ambientais requer uma redução voluntária de consumo dos recursos a níveis imprecisos. Assim, de certa forma, é possível identificar elementos de aproximação entre os pesquisadores, para os quais a discussão parece tomar ares mais complexos. O trecho a seguir, presente em *A New Manifesto*, expressa essa ideia:

Our vision is a world where science and technology work more directly for social justice, poverty alleviation and the environment. [...] this is a world where all feasible directions for scientific, technological and wider social innovation are discussed as matters for legitimate political argument, just as in other areas of public policy. It is no longer credible for politicians and business leaders to assert their own favored directions for innovation as being somehow uniquely ‘science based’, ‘proinnovation’, ‘pro-development’ or ‘pro-technology’ – as if there were no equally-valid alternatives (STEPS CENTRE, 2010, p. 10).<sup>22</sup>

Para os autores de *The Limits to Growth*, de forma semelhante, há uma necessidade de refletir sobre o

sentido e sobre o tipo de crescimento econômico – não apenas posicionar-se pró ou contra o crescimento. A questão tem diversas facetas e não pode ser reduzida a índices de crescimento ou eficiência; é preciso observar quem se beneficiará do incremento material e quais serão os custos dele:

A sustainable society would be interested in qualitative development, not physical expansion. It would use material growth as a considered tool, not a perpetual mandate. Neither for nor against growth, it would begin to discriminate among kinds of growth and purposes for growth. It would ask what the growth is for, and who would benefit, and what it would cost, and how long it would last, and whether the growth could be accommodated by the sources and sinks of the earth (MEADOWS et al., 2004, p. 22).<sup>23</sup>

Por isso, podemos concluir afirmando que, independentemente da exatidão das previsões e das análises científicas, é fundamental que reflitamos sobre a necessidade de um desenvolvimento alternativo não pautado por um padrão de consumo que inviabilize a superação dos desafios ambientais e sociais presentes. Nesse sentido, como vimos, uma preocupação social centrada na distribuição igualitária da riqueza, independente do crescimento econômico, parece ser mais condizente com a necessidade de reduzir a pressão da atividade humana sobre o meio ambiente. Por fim, a discussão sugeriu que, devido à complexidade e à imprevisibilidade da temática em discussão, a necessidade de pensar o propósito das inovações tecnológicas e do crescimento econômico pode ser efetivamente mais urgente do que a definição precisa e científica dos problemas existentes.

<sup>22</sup> “Nossa visão é a de um mundo no qual a ciência e a tecnologia trabalhem mais diretamente para a justiça social, para a redução da pobreza e dos impactos ambientais. [...] esse é um mundo no qual todas as direções viáveis para as inovações científicas, tecnológicas e sociais, de forma ampla, são discutidas a partir de argumentos políticos legítimos, assim como em outras áreas da política pública. Não é mais legítimo que líderes políticos e empresariais afirmem que as direções ideais para a inovação são de alguma forma algo unicamente “baseado na ciência”, “pró-inovação”, “pró-desenvolvimento” ou “pró-tecnologia” – como se não houvesse alternativas igualmente válidas” (tradução nossa).

<sup>23</sup> “Uma sociedade sustentável estaria interessada em um desenvolvimento qualitativo e não em uma expansão física. Ela usaria o crescimento material como uma ferramenta, não como um mandato perpétuo. Não seria nem a favor e nem contra o crescimento, ela discriminaria entre os tipos e o propósito do crescimento. Ela também questionaria as razões do crescimento, a quem ele beneficiaria, qual o seu custo, qual o tempo que duraria e se o crescimento poderia ser suportado pelos recursos e depósitos da Terra” (tradução nossa).

## Referências

- BESSET, J. P. *Comment ne plus être progressiste... sans devenir réactionnaire*. Paris: Fayard, 2005.
- CARSON, R. *Silent spring*. Boston: Houghton Mifflin, 1962.
- COLE, H. S. D. et al. (Ed.). *Models of doom: a critique of The Limits to Growth*. With a reply by the authors of *The Limits to Growth*. New York: Universe, 1973a.
- \_\_\_\_\_. et al. (Ed.) *Thinking about the future: a critique of The Limits to Growth*. London: Chatto & Widus for Sussex University Press, 1973b.
- \_\_\_\_\_.; CURNOW, R.C. An Evaluation of the World Models. In: COLE, H. S. D. et al. (Ed.). *Models of doom: a critique of The Limits to Growth*. With a reply by the authors of *The Limits to Growth*. New York: Universe, 1973.
- CORAZZA, R. I. Tecnologia e meio ambiente no debate sobre os limites do crescimento: notas à luz de contribuições selecionadas de Georgescu-Roegen. *Economia*, Brasília: Departamento de Economia da Universidade de Brasília, v. 6, n. 2, p. 435-461, jul./dez. 2005.
- DALY, H. E. (Ed.). *Toward a Steady State Economy*. San Francisco: W. H. Freeman, 1973.
- \_\_\_\_\_. *Steady State Economics*. San Francisco: W. H. Freeman, 1977.
- DALY, H. E. Introduction to *Essays towards a Steady-State Economy*. In: \_\_\_\_\_.; TOWNSEND, K. N. (Ed.). *Valuing the Earth: economics, ecology, ethics*. Cambridge, Massachusetts, London: The MIT Press, 1996.
- FORRESTER, J. W. *World Dynamics*. Cambridge: Wright-Allen Press, 1971.
- FREEMAN, C. Malthus with a computer. In: COLE, H. S. D. et al. (Ed.). *Models of doom: a critique of The Limits to Growth*. With a reply by the authors of *The Limits to Growth*. New York: Universe, 1973.
- \_\_\_\_\_. Prometheus unbound. *Futures*, Amsterdam: Elsevier, v. 16, n. 5, p. 494-507, October 1984.
- \_\_\_\_\_. The greening of technology and models of innovation. *Technological Forecasting and Social Change*, Amsterdam: Elsevier, v. 53, issue 1, p. 27-39, September 1996.
- \_\_\_\_\_. Policies for developing new technologies. Paper prepared for the 3<sup>rd</sup> edition of *Claves de la Economía Mundial*, Madrid: Instituto Español de Comercio Exterior, 2003. *SPRU Electronic Working Paper Series*, Brighton: The Freeman Centre, University of Sussex, n. 98, August 2003.
- FRIEDMAN, B. M. *The moral consequences of Economic Growth*. First Edition. New York: Alfred A. Knopf, 2005.
- GEORGESCU-ROEGEN, N. *The Entropy Law and the Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press, 1971.
- HERRERA, A. O. et al. *Catastrophe or new society? A Latin American world model*. Ottawa: International Development Research Centre, 1976.
- KING, A. et al. Comentário. In: MEADOWS, D. H. et al. *Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade*. Tradução de I. M. F. Litto; original em língua inglesa: Nova Iorque: Universe, 1972; prefácio de W. Watts e comentário da Comissão Executiva do Clube de Roma. São Paulo: Perspectiva, 1973. p. 181-192 (Coleção Debates, 90).
- MEADOWS, D. H. et al. *Limites do crescimento: um relatório para o Projeto do Clube de Roma sobre o Dilema da Humanidade*. Tradução de I. M. F. Litto; original em língua inglesa: Nova Iorque: Universe, 1972; prefácio de W. Watts e comentário da Comissão Executiva do Clube de Roma. São Paulo: Perspectiva, 1973. (Coleção Debates, 90)
- \_\_\_\_\_. et al. A response to Sussex. In: COLE, H. S. D. et al. (Ed.) *Models of doom: a critique of The Limits to Growth*. With a reply by the authors of *The Limits to Growth*. New York: Universe, 1973. p. 216-240.
- \_\_\_\_\_.; RANDERS, J.; MEADOWS, D. L. *Randers Beyond the Limits: Confronting Global Collapse, Envisioning a Sustainable Future*. Toronto: McClelland & Stewart, 1992.
- \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_.; \_\_\_\_\_. *Limits to Growth: the 30-year update*. London: Earthscan, 2004.
- NORDHAUS, W. D. World Dynamics – Measurement without Data. *Economic Journal*, v. 332, n. 82, p. 1156-1183, 1973.
- PAVITT, K. L. R. Malthus and other economists: some doomsday revisited. In: COLE, H. S. D. et al. (Ed.). *Models of doom: a critique of The Limits to Growth*. With a reply by the authors of *The Limits to Growth*. New York: Universe, 1973.
- ROMEIRO, A. Economia ou economia política da sustentabilidade? *Texto para discussão*. IE/UNICAMP, n. 102, p. 1-28, 2001.

SCHUMACHER, E. F. *Small is beautiful: Economics as if people mattered*. London: Blond & Briggs, 1973.

SMITH, A. Environmentalism and technology. *SPRU Electronic Working Paper Series*, Brighton: The Freeman Centre, University of Sussex, n. 149, April 2006.

\_\_\_\_\_; STIRLING, A. *Social-ecological resilience and socio-technical transitions*: critical issues for sustainability governance. STEPS Working Paper 8, Brighton: STEPS Centre, 2008.

SOLOW, R. M. The economics of resources or the resources of economics. Richard T. Ely Lecture. *The American Economic Review*, Pittsburgh: The American Economic Association,

v. 64, n. 2, p. 1-14, May 1974. Papers and Proceedings of the Eighty-sixth Annual Meeting of the American Economic Association.

STEPS CENTRE. *Innovation, sustainability, development: a new manifesto*. Brighton: STEPS Centre, 2010.

THE NOBEL FOUNDATION. *The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 1987*. Disponível em: <[http://nobelprize.org/nobel\\_prizes/economics/laureates/1987/](http://nobelprize.org/nobel_prizes/economics/laureates/1987/)>. Acesso em: 10/06/2012.

VICTOR, P. *Managing without Growth: Slower by Design, Not Disaster*. Northampton, MA: Edward Elgar, 2008.

Recebido em 4 de maio de 2012.

Aceito em 19 de junho de 2012.

Publicado em dezembro de 2012.